

# Perhitungan Penggunaan Transformator Untuk Menghindari Kerugian Dalam Proses Pembuatan Transformator.

S Fauji<sup>1,2,\*</sup> and I Jamaaluddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Raya Gelam 250, Sidoarjo.

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Raya Gelam, Candi, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

[\\*slametfaujiriyanto24@gmail.com](mailto:*slametfaujiriyanto24@gmail.com)

**Abstrak.** Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang dibelit seputar “kaki” inti transformator. Pada suatu sistem transmisi yang efisien, penyaluran tenaga listrik secara terus menerus tanpa terputus adalah suatu hal yang mutlak. Akan tetapi adakalanya dapat terjadi kerusakan pada transformator yang dipakai pada sistem transmisi tersebut, dimana hal tersebut akan mengganggu penyaluran listrik. Oleh karena itu harus dilakukan tindakan antisipasi agar penyaluran listrik dapat terus berjalan sementara sebelum transformator yang rusak tersebut diperbaiki atau diganti.

## 1. Pendahuluan

Proses pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik ke pelanggan harus dioperasikan dengan baik karena terkait masalah ekonomi. Salah satu proses perencanaan ini adalah peramalan jangka pendek. Peramalan beban jangka pendek dilakukan satu hari sebelum operasi yang memiliki interval waktu perencanaan setiap 30 menit.[1] Distribusi ke pelanggan harus maksimal karena dalam hari-hari tertentu biasanya masyarakat Indonesia melakukan perayaan besar yang membuat beban listrik naik secara signifikan. Salah satunya perayaan tahun baru dalam bahasa Indonesia merupakan salah satu kunjungan ke pariwisata Indonesia. Acara ini tentu saja mengubah beban energi listrik menjadi lebih besar.[2] Pemerintah saat ini sedang melakukan pengembangan-pengembangan dalam hal infrastruktur termasuk pengembangan pembangkit listrik menggunakan solar cell meskipun Solar cell dikenal selama ini masih banyak memiliki kekurangan dalam hal pemasangan dan posisi terhadap matahari, sehingga kinerja solar cell dalam pengisian baterai tidak maksimal.[3] Terlepas dari beberapa teori diatas sistem pembangkita melalui berbagai tahap hingga sampai di transformator yang berfungsi sebagai penaik atau penurun tegangan sesuai dengan kebutuhan listrik di daerah tersebut.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pengertian Trafo

Transformer adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik[4]

## 2.2 Prinsip Dasar Trafo

Prinsip dasar suatu transformator adalah induksi bersama (mutual induction) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan induksi yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu path yang mempunyai reluktansi yang rendah. Kedua kumparan tersebut mempunyai mutual induction yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari hukum Faraday. Bila arus bolak-balik mengalir pada induktor, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl). [4]

## 2.3 Macam-Macam Trafo

- a. Trafo Radio Trafo yang biasa digunakan pada rangkaian radio dan televisi dengan tegangan input 220 v/110 v dan tegangan output 48 v – 24 v step down. Dimensi pada trafo ini sangat kecil dan efisiensi rendah.
- b. Current Transformer Current transformer mengukur aliran listrik dan memberikan masukan untuk kekuasaan transformator dan instrumen. Current transformer baik menghasilkan arus bolak-balik atau tegangan bolak-balik yang sebanding dengan arus yang diukur. Ada dua tipe dasar transformator saat ini: wound dan toroidal. Transformer wound saat ini terdiri dari integral belitan primer yang dimasukkan secara seri dengan konduktor yang membawa arus yang diukur. Toroidal atau berbentuk donat transformer saat ini tidak mengandung belitan primer. Sebaliknya, kawat yang membawa arus threaded melalui jendela di transformator toroidal. Beberapa CTS dibuat untuk engsel terbuka, memungkinkan insersi sekitar konduktor listrik konduktor tanpa mengganggu sama sekali. Standar industri untuk arus sekunder CT adalah kisaran 0 hingga 5 ampli AC. Seperti PTS, CTS dapat dibuat dengan rasio berliku kustom untuk memenuhi hampir semua aplikasi. Karena mereka "beban penuh" arus sekunder adalah 5 ampli, rasio CT biasanya digambarkan dalam hal beban penuh amp utama sampai 5 ampli.
- c. Potential Transformer Transformer juga dapat digunakan dalam sistem instrumentasi listrik. Karena transformator kemampuan untuk meningkatkan atau turun tegangan dan arus, dan listrik isolasi yang mereka berikan, mereka dapat berfungsi sebagai cara untuk menghubungkan peralatan listrik tegangan tinggi, sistem tenaga arus tinggi. Misalkan kita ingin secara akurat mengukur tegangan 13,8 kV sebuah power sistem.
- d. 1.5.3 Trafo Tenaga Trafo ini biasanya digunakan pada pemakaian daya dari rumah tangga, sampai pembangkit, transmisi dan distribusi tenaga listrik. [4]

## 2.4 Prinsip Kerja Trafo

Prinsip kerja suatu transformator adalah induksi bersama (mutual induction) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu alur induksi. Kedua kumparan tersebut mempunyai mutual induction yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari hukum Faraday. Berdasarkan hukum Faraday yang menyatakan magnitude dari electromotive force (emf) proporsional terhadap perubahan fluks terhubung dan hukum Lenz yang menyatakan arah dari emf berlawanan dengan arah fluks sebagai reaksi perlawanan dari perubahan fluks. [4]

## 2.5 Deskripsi Kerja Trafo Step Up dan Step Down

Deskripsi kerja transformator step down Transformator ini berfungsi untuk menaikkan tegangan misalnya dari 380 V pada sisi primer menjadi 20 KV pada sisi sekunder.

Deskripsi kerja transformator step up Transformator ini berfungsi untuk menurunkan tegangan misalnya dari 20 KV pada sisi primer menjadi 380 V pada sisi sekunder.

## 2.6 Bagian Utama Transformator

Bagian utama transformator, terdiri dari:

- a) Inti besi Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluks yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Terbuat dari lempengan - lempengan besi tipis yang berisolasi untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus pusar atau arus eddy (eddy current).
- b) Kumparan transformator Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan dan kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan menggunakan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Pada transformator terdapat kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan atau arus bolak - balik maka pada kumparan tersebut timbul fluks yang menimbulkan induksi tegangan. Apabila pada rangkaian sekunder ditutup (pada rangkaian beban) maka mengalir arus pada kumparan tersebut, sehingga kumparan ini berfungsi sebagai alat transformasi tegangan dan arus.
- c) Minyak transformator Sebagian besar dari transformator tenaga memiliki kumparan - kumparan dan inti yang direndam dalam minyak transformator. Terutama digunakan pada transformator - transformator tenaga berkapasitas besar. Karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi), dan sebagai isolasi (karena memiliki daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.
- d) Bushing Hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui sebuah bushing. Bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator dan berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.
- e) Tangki dan Konservator Pada umumnya bagian - bagian dari transformator yang terendam minyak transformator berada di dalam tangki. Untuk menampung pemuatan pada minyak transformator, tangki dilengkapi dengan sebuah konservator.[5]

## 3. Jenis – Jenis Pendingin Pada Transformator

Terdapat dua jenis pendingin pada transformator, diantaranya adalah:

1. Tipe Kering a. AA : Pendingin udara natural,  
b. AFA : Pendinginan udara terpompa
2. Tipe Basah a. ONAN : Oil Natural Air Natural Pada tipe ini udara dan oli akan bersirkulasi dengan alami. Perputaran oli akan dipengaruhi oleh suhu dari oli tersebut.  
b. ONAF : Oil Natural Air Forced Pada tipe ini oli akan bersirkulasi dengan alami namun saat oli melalui radiator oli akan didinginkan dibantu dengan kipas/fan.  
c. OFAF : Oil Forced Air Forced Pada tipe ini oli akan didinginkan dengan bantuan pompa agar sirkulasi semakin cepat dan juga dibantu kipa/fan pada radiatornya. Khusus jenis trafo tenaga tipe basah, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat pula sebagai isolasi ( tegangan tembus tinggi ) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sbb. : a.Ketahanan isolasi harus tinggi (  $>10\text{kV/mm}$  ) b.Berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel inert di dalam minyak dapat mengendap dengan cepat. c. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik. d. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yg dapat membahayakan e. Tidak merusak bahan isolasi padat ( sifat kimia 'y' ) [4]

## 4. Rugi - Rugi Pada Transformator

Rugi – rugi pada transformator terdiri dari rugi tembaga ( $P_{cu}$ ), rugi besi ( $P_i$ ), dan fluks bocor.

**4.1.1 Rugi Tembaga (  $P_{cu}$  )** Rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga yang terjadi pada lilitan sekunder. Arus ini mengalir ketika transformator diberikan beban. Rumus rugi tembaga sebagai berikut :

$$P_{cu} = I^2 R$$

Keterangan :

$P_{cu}$  : Rugi Tembaga

$I$  : Arus

$R$  : Hambatan

**4.1.2 Rugi Besi (  $P_i$  )** Rugi besi terdiri atas :

a) Rugi histerisis ( $P_h$ ), yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak – balik pada inti besi yang dinyatakan sebagai berikut :

$$P_h = K_h f B_{maks}$$

Keterangan :

$P_h$  : Rugi histerisis (2-2)

$K_h$  : konstanta material inti

$f$  : frekuensi (Hz)

$B_{maks}$  : Kerapatan fluks maksimum

b) Rugi arus eddy ( $P_e$ ) , yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi. Dirumuskan sebagai :

$$P_e = K_h f^2 t^2 B_{maks}$$

Keterangan :

$P_e$  : Rugi arus eddy (W/kg)

$K_h$  : konstanta material inti

$F$  : frekuensi (Hz)

$t$  : ketebalan material (m)

$B_{maks}$  : Kerapatan fluks maksimum

Jadi, rugi besi ( rugi inti ) adalah :  $P_i = P_h + P_e$

Rugi histerisis maupun rugi arus eddy bernilai tetap, tidak bergantung pada besarnya beban.

#### **4.1.3 Fluks Bocor**

Kebocoran fluks terjadi karena ada beberapa fluks yang tidak menembus inti besi dan hanya melewati salah satu kumparan transformator saja. Fluks yang bocor ini akan menghasilkan induktansi diri pada lilitan primer dan sekunder sehingga akan berpengaruh terhadap nilai daya yang disuplai dari sisi primer ke sisi sekunder transformator.[5]

## **5. Daftar Pustaka**

- [1] Jamaaluddin, I. Robandi, and I. Anshory, “A very short-term load forecasting in time of peak loads using interval type-2 fuzzy inference system: A case study on java bali electrical system,” *J. Eng. Sci. Technol.*, 2019.
- [2] Jamaaluddin, I. Robandi, I. Anshory, Mahfudz, and R. Rahim, “Application of interval type-2 fuzzy inference system and big bang big crunch algorithm in short term load forecasting new year holiday,” *J. Adv. Res. Dyn. Control Syst.*, 2020, doi: 10.5373/JARDCS/V12I2/S202010024.
- [3] A. Supriyadi, J. Jamaaluddin, T. Elektro, and U. Muhammadiyah, “Analisa Efisiensi Penjejak Sinar Matahari Dengan Menggunakan,” *Jeee-U*, 2018.
- [4] A. Prayoga and E. M. S, *Teknik tenaga listrik*, no. 0806365412. 2010.
- [5] A. Transformator, “No Title.”